

510562

DK-515580.  
P. Garin, P.Y. Le Gal, Th. Ruf (éditeurs scientifiques), 2001. La gestion des périmètres irrigués collectifs à l'aube du XXI<sup>e</sup> siècle, enjeux, problèmes, démarches. Actes de l'atelier, 22-23 janvier 2001, Montpellier, France. Pcsi, Cemagref, Cirad, Ird, Montpellier France, Colloques, 264 p.

# Les stratégies de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements gérés par des associations syndicales autorisées

## Une gestion optimale non durable

Sébastien LOUBIER

Cemagref-Irrigation, 361 rue Jean-François Breton, BP 5095 Montpellier, Cedex 1, France

**Résumé** — Face à la prévision de la demande alimentaire mondiale et alors que les Etats souhaitent partiellement se désengager du secteur de l'hydraulique agricole, la durabilité économique des réseaux d'irrigation risque de ne pas être assurée. L'analyse des modes de gestion des Asa, permet de mettre en évidence certaines limites des vastes programmes engagés à travers le monde visant à rétrocéder la gestion des équipements aux associations d'utilisateurs. Cet article montre pourquoi le choix de politiques de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements des Asa, tout en étant optimal, n'est pas pour autant durable. Après avoir présenté quelques facteurs explicatifs du choix de politiques de gestion de court terme, nous présentons un modèle inter temporel d'arbitrage entre emprunt et autofinancement. Ce modèle repose sur des caractéristiques macroéconomiques (taux d'inflation, taux d'actualisation et taux d'intérêt des emprunts et de l'épargne) et permet de montrer que les choix de politiques de gestion de court terme sont parfaitement rationnels et optimaux du point de vue des gestionnaires.

**Abstract** — **Financing strategies for the maintenance and renewal of equipment managed by French water users' associations.** The economic viability of irrigation networks may not be secure given the forecast of world food demand and the fact that States would like to withdraw partially from the agricultural water sector. The analysis of the management methods used by French water users' associations highlights some of the limitations of the huge programmes which have been undertaken throughout the world that aim to hand over the management of equipment to user associations. This article shows why the associations' choice of policy for financing the maintenance and renewal of equipment is not sustainable despite the fact that it is optimal. Some of the factors that explain the choice of short-term management policies are discussed. Then, an inter-temporal arbitration model between borrowing and self-financing is presented. This model is based on macro-economic characteristics (inflation rate, net present value rate, interest rates for borrowing and saving). It shows that the short-term policy choices for management are perfectly rational and optimal from the managers' point of view.

## Introduction

En 40 ans, la superficie mondiale irrigable a triplé (Dinar et Subramanian, 1997). Elle représente aujourd'hui 1/6 de la Sau et fournit 1/3 de l'offre alimentaire. En 1994, Waggoner estimait qu'au cours des 25 années passées, 50 % de la hausse de production alimentaire étaient venus de terres irriguées. Et en 1996, la Fao prévoyait qu'au cours de la première moitié du 21<sup>e</sup> siècle, 60 % des nouveaux besoins devraient être satisfaits par l'agriculture irriguée.

Il ne fait donc aucun doute que l'irrigation jouera, comme par le passé, un rôle majeur dans la satisfaction des besoins alimentaires des populations. Au-delà de l'opportunité de créer de nouveaux périmètres irrigués de plus en plus coûteux, il est dans l'intérêt de tous que le « capital réseaux » actuel soit géré durablement. Les choix de politiques de maintenance et de renouvellement d'aujourd'hui ne doivent pas compromettre les capacités des futures générations de gestionnaires et d'irrigants à satisfaire leurs besoins.

Par le passé, les réseaux d'irrigation ont souvent été traités comme des biens publics et financés par des fonds publics. Mais on assiste aujourd'hui à un désengagement progressif des gouvernements du secteur de l'hydraulique agricole. Dans beaucoup de pays, ce désengagement se traduit par une rétrocession des équipements à des associations d'usagers. La question est de savoir si ces dernières pourront ou auront intérêt à gérer durablement les infrastructures. Conscients du risque que cela représente, beaucoup de travaux sont actuellement menés sur ce sujet et concluent à l'impérieuse nécessité de mettre en place des programmes de gestion patrimoniale<sup>1</sup> (*Asset Management Programme* : Amp). Un Amp est « une stratégie pour la création ou l'acquisition, la maintenance, l'exploitation, la réhabilitation, la modernisation et le renouvellement des biens d'équipement pour l'irrigation afin de fournir un niveau de service convenable au moindre coût et durablement<sup>2</sup> » (Van Hofwegen et Malano, 1997). La mise en place d'Amp, fournissant des informations sur les profils d'investissements et donc sur le montant annuel à provisionner pour l'inclure dans les charges (Moorhouse, 1999 ; Van Hofwegen, 1999), est une condition nécessaire pour tendre vers l'autonomie financière. En déterminant le coût actuel de maintien à long terme des équipements, on peut être avisé du revenu nécessaire pour garantir la durabilité des infrastructures mais également mettre en évidence l'inadéquation du recouvrement actuel des coûts (Brewer et Sakthivadivel, 1999 ; Gleyses et Loubier, 2000). Des plans d'amortissement permettraient donc de prendre en compte la consommation actuelle de capital et de stabiliser les variations inter temporelles des tarifs répondant ainsi aux attentes de la plupart des usagers (Van Hofwegen, 1999).

Mais, l'horizon temporel des agriculteurs est généralement plus court que la durée de vie des principaux équipements (Malano *et al.*, 1999) et les gestionnaires ont naturellement tendance à opter pour des stratégies de gestion et donc de financement, privilégiant le court terme (Loubier, 1998). En effet, l'utilité d'un entretien régulier et de bonne qualité leur est parfois difficile à appréhender, tant que l'ouvrage reste opérationnel. A fortiori, dans un contexte d'incertitude sur le devenir de leurs exploitations, ils ont peine à se placer dans une optique à long terme pour assurer la pérennité des aménagements (Plantey, 1999) et donc anticiper la charge des renouvellements futurs.

## Le cas des associations syndicales autorisées

En France, la superficie irriguée a augmenté entre 1988 et 1995 de 41 %<sup>3</sup> pour atteindre 1,62 million d'hectares (Janin, 1996; 1997). 20 % de cette superficie est irriguée à partir de réseaux collectifs gérés par des Associations syndicales autorisées (Asa) (Janin, 1996 ; 1997 ; Garin et Platon, 1998 ; Gleyses, 2000).

Dans le contexte international que nous venons de décrire, l'analyse des Asa, aux statuts datant de plus d'un siècle, peut servir de cadre d'analyse prospective pour certains types d'associations d'usagers à travers le monde.

Ces associations d'usagers « à la française » sont des groupements de propriétaires intéressés par l'exécution et l'entretien à frais commun de travaux d'irrigation, elles sont régies par deux textes fondateurs<sup>4</sup> et sont caractérisées par deux éléments essentiels : les droits d'accès au réseau sont attachés à la parcelle et non à son propriétaire, et au regard de la loi, elles sont considérées comme des établissements publics<sup>5</sup>. A ce titre, elles sont soumises aux mêmes règles budgétaires et comptables que les communes c'est-à-dire la faculté mais pas l'obligation d'amortir leurs équipements et l'obligation de déposer leurs fonds au Trésor Public sans possibilité de rémunération de ces capitaux oisifs (JO, 1941).

---

1. Van Hofwegen et Malano, 1997; Plantey, 1998; Brewer et Sakthivadivel, 1999; Burton et Hall, 1999; Malano *et al.*, 1999; Moorhouse, 1999; Plantey, 1999; Van Hofwegen, 1999.

2. " ... a strategy for the creation or acquisition, maintenance, operation, rehabilitation, modernisation and disposal of irrigation and drainage assets to provide an agreed level of service in the most cost effective and sustainable manner".

3. et de 92 % entre 1970 et 1988 (Janin, 1992).

4. Loi plusieurs fois modifiée du 21 Juin 1865 et décret d'application du 18 Décembre 1927 (Lefevre, 1996).

5. Les ASA sont des établissements publics administratifs non locaux : Arrêt Tatin (Conseil d'Etat, 1995).

Par le passé, les Asa ont bénéficié d'importantes subventions pour les investissements initiaux<sup>6</sup> ou pour réhabiliter les ouvrages<sup>7</sup>. Aujourd'hui, la tendance est à la réduction des aides en hydraulique agricole. Les traditionnels bailleurs de fonds souhaiteraient s'assurer de la durabilité de ces infrastructures pour établir une certaine équité intergénérationnelle dans le bénéfice des aides initiales, réduire ou transférer une partie des budgets publics et faire payer le coût réel de mobilisation à ceux qui bénéficient directement du service afin que le prix puisse jouer son rôle d'indicateur de rareté de la ressource.

Du point de vue de l'Etat, il serait donc souhaitable que les Asa provisionnent régulièrement une partie du budget pour faire face d'une part au renouvellement des équipements<sup>8</sup> et d'autre part à la croissance des dépenses de maintenance. Cette stratégie de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements correspond à une stratégie de gestion dépassant les intérêts de court terme et que l'on peut qualifier de durable sous réserve qu'elle soit acceptable pour les usagers.

Bien que le point de vue de l'Etat soit assez explicite, les Asa semblent ne pas en tenir compte et perpétuent leurs anciennes stratégies de gestion fondées sur des considérations de court terme. Cette occultation du futur semble à priori irrationnelle.

Pourquoi dans ce contexte, les gestionnaires n'optent-ils pas pour une pratique régulière de provisions ? Ce comportement est d'autant moins compréhensible que les Asa d'irrigation sous pression, créées dans les années 80, entrent aujourd'hui, pour la plupart d'entre elles, dans une phase de relative liberté financière. En effet, dès que les emprunts initiaux sont échus, il leur est possible, sans accroître le niveau de la tarification<sup>9</sup>, de transférer tout ou partie du montant des remboursements d'emprunts pour constituer une provision.

Avant d'exposer le modèle d'arbitrage entre emprunt et autofinancement qui explique en partie les choix de politiques de financement selon la rationalité des gestionnaires, on présentera une typologie des provisions réalisables et des stratégies de financement qui en découlent, et quelques facteurs explicatifs du choix de stratégies de court et moyen terme.

## Typologie des provisions et des stratégies de financement

Les Asa ne sont ni contraintes de pratiquer l'amortissement de leurs équipements ni autorisées à placer d'éventuels excédents sur un compte rémunéré. Dans ce contexte, les provisions qui pourraient être dégagées peuvent être utilisées soit à court ou moyen terme, soit à long terme.

### Les provisions pour des usages à court ou moyen terme

Ce sont les provisions utilisées pour la maintenance, les variations de la demande et les risques d'impayés.

On distingue deux catégories de provision pour maintenance. Celles qui serviront à ne pas déstabiliser la tarification suite à l'évolution tendancielle des dépenses de maintenance corrective (Verdier et Millo, 1992 ; Tiercelin, 1998) dont l'usage est régulièrement croissant sur la durée de vie des équipements et celles qui sont destinées à faire face à une défaillance soudaine et imprévisible.

Les provisions pour variation de la demande sont destinées à absorber les écarts budgétaires inter annuels. La demande en eau est fonction du climat de l'année en cours alors que le budget est élaboré l'année précédente en se basant sur les demandes moyennes historiques (les 5 dernières années par exemple) (Van Hofwegen, 1999). Par conséquent, rien ne garantit que le budget primitif permette de faire face aux dépenses réelles de l'exercice. Cet écart entre budget primitif et définitif, peut s'accroître et mettre l'Asa dans une situation financière délicate lorsqu'elle opte pour une tarification variable ou binomiale mal adaptée<sup>10</sup> (Moorhouse, 1999).

6. C'est le cas essentiellement des réseaux d'irrigation sous pression qui se sont régulièrement développés depuis la fin des années soixante. Le taux de financement public des investissements initiaux étant généralement compris entre 60 et 80 %, voire localement plus.

7. Cas de réseaux d'irrigation gravitaires anciens.

8. C'est-à-dire à la consommation actuelle de capital fixe.

9. Même en baissant la tarification d'un montant inférieur à la totalité des annuités d'emprunt de la période précédente.

10. Incorporation d'une partie des charges fixes dans le terme variable du tarif.



Les retards ou défauts de paiement peuvent également représenter un risque budgétaire majeur pour l'Asa. Ce risque justifie à nouveau la constitution de réserves. Le montant de cette réserve devra être d'autant plus élevé qu'une superficie importante est détenue par le même usager. Une enquête effectuée par le Cemagref en 1998 et portant sur 83 Asa montre que 38 % d'entre elles ont à faire face à des retards de paiements (Gleyses, 1998).

**Les provisions pour des usages à long terme**

Ce sont les provisions pour le renouvellement, la réhabilitation ou la modernisation des équipements. On parle souvent d'amortissement technique linéaire des équipements mais, dans la pratique, le gestionnaire peut tout à fait provisionner chaque année le montant qu'il souhaite. La durée de vie des équipements étant incertaine, le calcul des dotations est délicat. De surcroît, même en univers certain, ces dotations subissent l'inflation jusqu'à leur usage puisqu'il n'est pas possible de les placer. Dans ces conditions, une provision effectuée aujourd'hui pour un usage dans 20 ans perd le quart de sa valeur avec une inflation à 1,5 % alors qu'un placement à 3 % permettrait de l'accroître d'un tiers.

Les travaux antérieurs ont montré quelles pouvaient être les stratégies de gestion des Asa en termes de maintenance (qualitative et quantitative) et de pratiques de provisions. Sans revenir ici sur le choix de politiques qualitatives et quantitatives de maintenance, cet article s'intéresse aux choix de politiques de financement<sup>11</sup> uniquement et tente d'expliquer pourquoi en matière de provisions, aucun gestionnaire n'opte pour une stratégie de long terme, lui préférant des stratégies de court voire moyen terme. La réalisation ou non de provisions destinées aux usages décrits précédemment permet d'opérer une typologie des stratégies de financement de la maintenance et du renouvellement des équipements (tableau I).

Jamais, il n'a été rencontré d'Asa ayant opté pour une stratégie de financement de long terme, c'est-à-dire qu'aucune ne provisionne pour le renouvellement de ses équipements. Toutes ont des stratégies de court ou plus marginalement de moyen terme (provisions représentant d'un demi à un budget annuel).

**Tableau I.** Les stratégies de financement (oui = réalisation de provisions, non = absence).

Stratégies de financement	Provisions pour maintenance, impayés et variation de la demande	Provisions pour renouvellement
Court terme	Non	Non
Moyen terme	Oui	Non
Long terme	Oui	Oui

**Quelques facteurs explicatifs des stratégies de court et moyen terme**

On peut avancer quelques facteurs explicatifs des choix de stratégies de financement de court ou moyen terme (Garin et al., 2001) (figure 1).

L'explication centrale est d'ordre psychologique et économique. Les gestionnaires de réseaux, comme la plupart des agents économiques ont une préférence naturelle pour le présent et cette préférence est d'autant plus prononcée que la demande future en eau pour l'irrigation est incertaine. Ces deux premiers facteurs peuvent être regroupés et être gérés à travers le taux d'actualisation.

Le troisième facteur explicatif est de nature juridique, les Asa n'ayant aucune liberté de placement de leurs fonds qui sont déposés au trésor public. Dans le cadre de notre modèle, cela se traduit par un taux de rémunération de l'épargne nul ( $s = 0$ ).

Une explication plus technique est relative à l'incertitude ou à la méconnaissance des durées de vie restantes des équipements (D) et du taux de croissance de leurs coûts de maintenance. On note également qu'il est extrêmement difficile d'évaluer les effets d'une politique de maintenance sur le pan technique. A cette difficulté s'ajoute le manque d'information et de formation destinées aux gestionnaires pour les sensibiliser à ce sujet.

11. Bien que les deux politiques soient liées.

En matière de gestion, il faut également noter une absence de système d'informations dans la quasi-totalité des Asa, ce qui est un frein absolu à la mise en place d'Amp et donc à une gestion « durable ».

Une explication plus sociologique est la réduction puis la disparition progressive des membres fondateurs de l'Asa. Ce dernier facteur peut dans une certaine mesure être pris en compte dans l'analyse économique via le taux d'actualisation.

La dernière explication est d'ordre politique et historique. Les gestionnaires semblant avoir une confiance aveugle en l'inertie des politiques publiques passées. De plus, historiquement, les Asa n'ont aucune expérience en matière d'élaboration de plans de financement n'y ayant jamais été contraintes ni par les politiques publiques passées ni par la loi qui occulte totalement le problème du renouvellement des équipements.

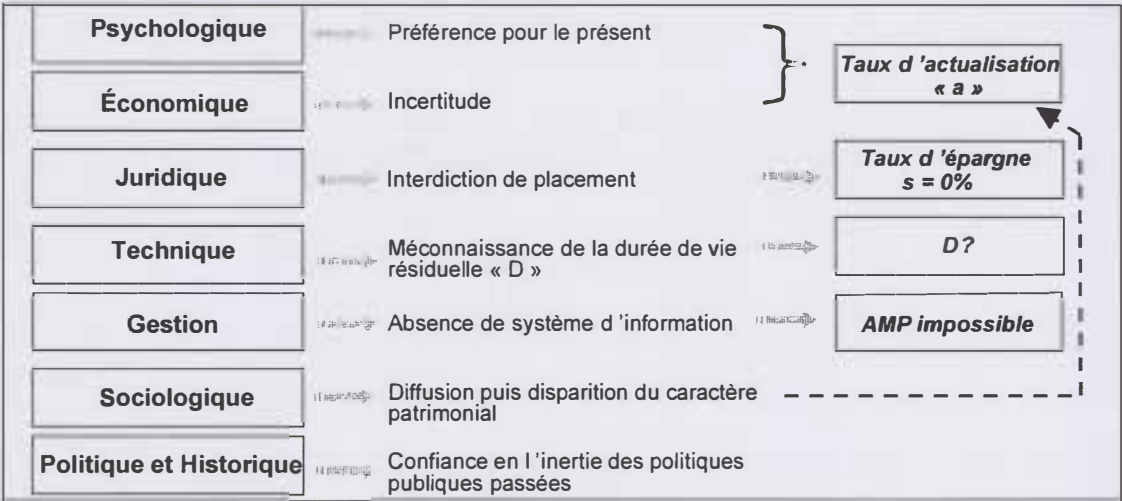


Figure 1. Les déterminants des politiques de financement.

### Un modèle déterministe d'arbitrage intertemporel entre autofinancement et emprunt

Le modèle présenté repose sur les trois premiers déterminants des stratégies de financement de court ou moyen terme : psychologique, économique et juridique. Il apparaît que les choix de court ou moyen terme sont rationnels et optimaux du point de vue des gestionnaires. C'est-à-dire qu'ils peuvent avoir intérêt à ne pas provisionner et avoir recours à l'emprunt le moment venu si nécessaire (Fndae, 1994).

Considérons les variables suivantes :

- i : taux d'intérêt des emprunts ;
- s : taux de rémunération de l'épargne ;
- a : taux d'actualisation ;
- r : taux d'inflation ;
- P : montant de la provision ;
- $T_p$  : date de réalisation de la provision,  $0 \leq T_p \leq D$  ;
- I : montant des investissements à réaliser en D ;
- N : durée d'emprunt ;
- D : durée de vie restante.

On attribue comme variable le taux d'épargne, bien que les Asa n'aient pas la possibilité de placer leur argent sur un compte rémunéré, simplement pour démontrer le frein que cela représente en termes de provisions pour le renouvellement des équipements, c'est-à-dire en termes de durabilité ou de pérennité des aménagements.

Le modèle suivant permet d'opérer des choix intertemporels entre le recours à l'emprunt en année « D » et la réalisation d'une provision d'un montant « P » en année «  $T_p$  ». L'objectif est de répondre aux deux questions suivantes. Quelle est la date optimale de thésaurisation ( $T_p^*$ ) pour laquelle le coût total de la politique de financement est minimale ? Et quelle est la date équivalente ( $T_p'$ ) pour laquelle le coût total actuel de la politique de provision est égal au coût du recours exclusif à l'emprunt ?

## Formulation générale

Pour déterminer  $P^*$  et  $P'$ , on écrit l'équation de la fonction de coût total actualisé (CT), qui se compose du coût actualisé de la provision (CP) et du coût actualisé du recours à l'emprunt (CE) qu'il sera nécessaire de contracter si la valeur de la provision en D est inférieure au montant de l'investissement « I » à réaliser (avec KXY le coût en année D de la somme des annuités d'emprunt) :

$$CE = \frac{KXY}{(1+a)^D}$$

- K est le capital emprunté en année D ou le besoin de financement, il est donc égal au montant de l'investissement moins la valeur de la provision en année D ( $P_D$ ). Cette dernière a subi l'inflation, mais a pu être placée au taux de rémunération de l'épargne « s » :

$$K = I - P_D = I - P \left( \frac{1+s}{1+r} \right)^{D-T_p}$$

- X est l'expression d'une annuité constante d'emprunt d'un montant unitaire réalisé sur N années au taux « i » :

$$X = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

- Y est l'expression d'une somme d'annuités unitaires, actualisées et remboursées en monnaie dépréciée. En effet, compte tenu de l'érosion monétaire, le gestionnaire remboursera ces annuités en monnaie dépréciée et ce d'autant plus que l'on se rapprochera de la dernière échéance. De plus, indépendamment de cette caractéristique macroéconomique, le gestionnaire a spontanément une préférence pour le présent, et il accordera une moindre importance aux dernières annuités qu'aux premières. La conjugaison de ces deux phénomènes fait qu'en année D, la somme des annuités d'emprunt diffère du simple produit (NXK) :

$$Y = \sum_{t=D+1}^{t=D+N} \frac{1}{(1+a)^t (1+r)^t}$$

$$Y = \frac{[(1+a)^N (1+r)^N - 1]}{(1+a)^N (1+r)^N [(1+a)(1+r) - 1]}$$

X et Y étant indépendants de T, l'expression du coût total est de la forme :

$$CT = \frac{P}{(1+a)^{T_p}} + \frac{XYI}{(1+a)^D} - \frac{XYP(1+s)^{D-T_p}}{(1+a)^D (1+r)^{D-T_p}}$$

$$CT = (1) + (2) - (3)$$

On note que (2), qui est l'expression du coût actualisé du recours à l'emprunt pour un capital emprunté correspondant à la totalité de l'investissement I, est indépendant de  $T_p$  ; (1) représente le coût actuel de la provision ; (3) est l'expression de la valeur actuelle de l'économie d'emprunt réalisée grâce à la provision ; (1) + (3) représente donc le coût total actuel de la politique de provision (CPP). La recherche de  $T_p^*$  consiste donc à minimiser le CPP, et la recherche de  $T_p'$  à l'annuler :

$$CPP = P \left[ \frac{1}{(1+a)^{T_p}} - \frac{XYZ^{D-T_p}}{(1+a)^{T_p}} \right]$$

$$\text{avec } Z = \frac{(1+s)}{(1+a)(1+r)}$$

Il est intéressant de constater que les solutions  $T_p^*$  et  $T_p'$  seront obtenues indépendamment du montant P provisionné.

### Le domaine de définition

Il n'est cependant pas nécessaire d'utiliser ce modèle d'arbitrage dans tous les cas. En effet, selon les valeurs relatives de  $i$ ,  $a$ ,  $r$  et  $s$  et quels que soient  $D$  et  $N$ , il peut être préférable soit de toujours avoir recours à l'emprunt ( $CPP > 0$ ), soit d'avoir toujours recours à la thésaurisation ( $CPP < 0$ ) sur la période  $T_p \in [0 ; D]$ . L'arbre de décision ou le domaine de définition suivant permet de déterminer les stratégies optimales.

Conditions		CPP pour $T \in [0 ; D] \quad \forall N, D$		Stratégie optimale
$i < s$	$a + r + ra \leq i \rightarrow$	$-$	(a)	Thésaurisation
	$i < a + r + ra < s \rightarrow$	$+/-$	(b)	Arbitrage
	$a + r + ra \geq s \rightarrow$	$+$	(c)	Emprunt
$i = s$	$a + r + ra < s \rightarrow$	$-$	(d)	Thésaurisation
	$a + r + ra = s \rightarrow$	$0$	(e)	Indifférence
	$a + r + ra > s \rightarrow$	$+$	(f)	Emprunt
$i > s$	$s \geq a + r + ra \rightarrow$	$-$	(g)	Thésaurisation
	$s < a + r + ra < i \rightarrow$	$+/-$	(h)	Arbitrage
	$i \leq a + r + ra \rightarrow$	$+$	(i)	Emprunt

Pour les cas de figure (c), (f) et (i), il est toujours préférable d'avoir recours à l'emprunt plutôt que de provisionner. A l'inverse, pour les cas (a), (d) et (g), le coût total de la politique de provision étant toujours négatif, il est préférable d'effectuer une provision entre 0 et D et la provision qui procurera le plus d'avantage est la première effectuée (en année 0).

Le modèle d'arbitrage entre emprunt et thésaurisation n'est donc utile que dans les cas de figure (h) et (b) (figure 2). Le cas (b) correspond à une situation où le taux d'intérêt des emprunts est inférieur au taux de rémunération de l'épargne ce qui est généralement faux sauf dans le cas où les gestionnaires aiment prendre des risques (hypothèse encore peu probable puisque ces derniers sont généralement agriculteurs, hostiles aux risques lorsqu'il s'agit de gérer leur exploitation). Cette situation est d'autant plus étrange que la stratégie de provision n'est bénéfique que de la date 0 à la date  $T_p'$ . Au-delà, il n'est pas souhaitable de thésauriser.

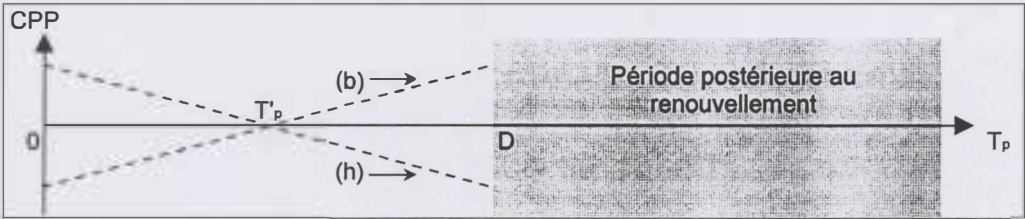


Figure 2. Evolution du CPP et détermination de  $T_p'$ .



Le cas de figure (h) est plus probable que le précédent car  $i > s$ . Le gestionnaire n'aura intérêt à provisionner qu'à partir de l'année  $T_p'$ , date à laquelle l'économie d'emprunt que permet de réaliser la provision est égale à son coût. On note également que la provision qui permet de minimiser le CPP est la dernière effectuée.

En se plaçant dans la situation qui semble la plus réaliste (h), on cherche l'expression de la solution équivalente  $T_p'$ . La solution optimale  $T_p^*$ , on l'a vu, correspond toujours à D.

### Recherche de T'

$T_p'$  est la date pour laquelle il y a indifférence entre provisionner P ou bien avoir recours à l'emprunt en année D. Le CPP est donc nul pour  $T_p = T_p'$ .

$$CPP = 0 \Leftrightarrow \frac{1}{(1+a)^{T_p}} = \frac{XYZ^{D-T_p'}}{(1+a)^{T_p'}}$$

$$\text{alors } Z^{T_p'} = XYZ^D \text{ et } T_p' = D + \frac{\log(XY)}{\log(Z)}$$

Une telle politique de gestion peut également s'apprécier par la comparaison des ratios coûts / bénéfices pour diverses durées de thésaurisation  $T_p$ , ce ratio :

$$\frac{(1)}{(3)} = XYZ^{D-T_p'} = 1$$

pour  $T_p = T_p'$ , est inférieur à 1 lorsque le recours à l'emprunt est plus coûteux que la stratégie de provision et supérieur à 1 lorsqu'il est préférable d'emprunter.

### L'amortissement ou le choix d'une stratégie irréversible

$T_s$  est ici la date à laquelle le gestionnaire commence à provisionner ou à amortir régulièrement jusqu'en D pour faire face au renouvellement. Le coût total actuel de la politique d'amortissement (CPA) correspond à la somme de  $T_s$  à D du coût total de chaque stratégie de provisions.

$$CPA = \sum_{t=T_s}^{t=D} CPP_t$$

La fonction du CPP étant monotone décroissante et s'annulant en  $T_p'$ , l'intégrale de cette fonction sur  $[0 ; D]$  c'est-à-dire le CPA passe par un minimum en  $T_s^* = T_p'$  (figure 3).

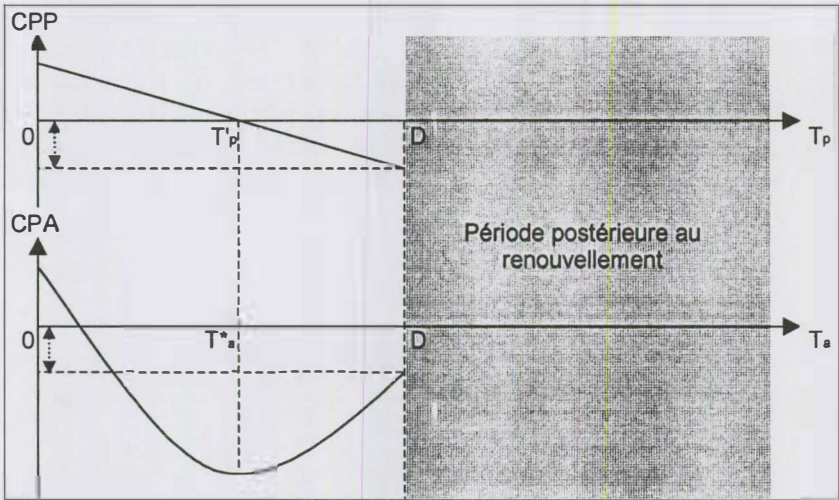


Figure 3. Du CPP à la stratégie optimale d'amortissement.



Si toutefois le gestionnaire opte pour un financement du renouvellement selon une stratégie de provisions régulières déterminée conformément au modèle, c'est-à-dire à partir de la date  $T_a$  pour renouveler à une date supposée  $D$ , plusieurs cas de figures peuvent se présenter selon que la date effective de renouvellement  $D_e$  est supérieure ou inférieure à  $D$  (figure 4).

- $0 < D_e < T_a$  : si la date effective du renouvellement est inférieure à la date à partir de laquelle le gestionnaire avait prévu de commencer sa politique d'amortissement, il devra nécessairement avoir recours à l'emprunt.
- $D_e = T_a$  : si  $D_e$  coïncide avec l'année de la première provision effectuée, celle-ci procure alors un gain net maximal ; et si la provision n'annule pas le besoin de financement, le gestionnaire empruntera la différence.
- $T_a < D_e < D$  : si  $D_e$  est comprise entre  $T_a$  et  $D$ , toutes les provisions effectuées à partir de  $T_a$  procurent un gain net ( $CPA < 0$ ).
- $D_e = D$  : s'il se révèle que la date effective de renouvellement coïncide avec la date anticipée, alors le gain net de la politique d'amortissement est maximal.
- $D < D_e < D'$  : si le gestionnaire a sous évalué la date de renouvellement, alors les gains nets de la politique d'amortissement sont positifs mais décroissants en fonction de  $D_e$ . Les provisions effectuées les dernières années ( $D - T_a$ ) procurent un gain net positif alors que les précédentes sont plus coûteuses qu'avantageuses. En d'autres termes, si le gestionnaire avait su que  $D_e > D$ , il n'aurait commencé à provisionner que  $(D_e - D)$  années plus tard.
- $D_e = D'$  : à cette date de renouvellement, le gain net des  $(D - T_a)$  dernières provisions compensent exactement le coût des précédentes. Le gain net de la politique d'amortissement est nul.
- $D_e > D'$  : au-delà de  $D'$ , le gain net des  $(D - T_a)$  dernières provisions ne compensent plus le coût des précédentes. Le gain net de la politique d'amortissement est négatif. Cela ne signifie pas pour autant l'arrêt de la politique d'amortissement car les dernières provisions effectuées procurent toujours un gain net positif. L'arrêt de l'amortissement ne ferait qu'aggraver la situation.

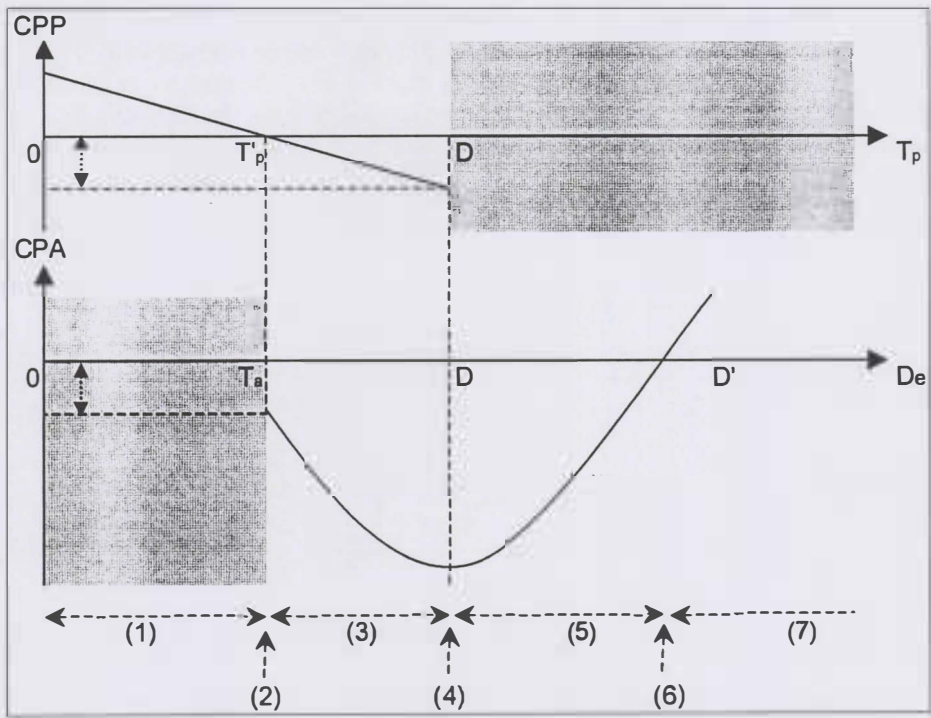


Figure 4. Evolution du CPA selon la date effective de renouvellement ( $D_e$ ).

systématique des gestionnaires d’opter pour des politiques d’amortissement ou de provisions régulières en vue du renouvellement de leurs équipements.

Application et résultats

Le choix des paramètres

Deux paramètres sont fixes car relatifs à des caractéristiques macroéconomiques qui s’imposent aux gestionnaires : le taux d’intérêt des emprunts ( $i = 5,5\%$ ) et le taux d’inflation ( $r = 1,5\%$ ). La durée d’emprunt ( $N$ ) est un paramètre variable, déterminé par le gestionnaire.

Le taux d’actualisation n’est pas réellement variable mais compte tenu de l’incertitude quant au choix de ce taux, il est préférable de le considérer comme variable afin d’effectuer divers tests de sensibilité des résultats obtenus. Le choix du taux d’actualisation permettra également d’expliquer les appréciations différentes (illogismes ou rationalité) qu’ont d’une part, les bailleurs de fonds et d’autre part, les gestionnaires, quant à l’évaluation des politiques de financement. On fixe la valeur du taux d’actualisation à  $3\%$  (Arrow, 1995).

Le taux d’épargne n’est pas plus variable que le taux d’intérêt. On sait que ce taux est nul pour les Asa, mais d’un point de vue prospectif, il est intéressant de le faire varier pour mettre en évidence la sensibilité du choix des politiques de financement à ce taux.

Les résultats

Les principaux résultats du modèle ont été obtenus en prenant une durée de vie restante «  $D$  » des équipements égale à 15 années afin de représenter le temps restant aux Asa créées dans les années 80 avant la première grosse échéance de renouvellement que constituent les stations de pompages<sup>12</sup>. Trois types de simulations ont successivement été faites pour représenter divers points de vue :

- (1) le point de vue des Asa où  $a = 3\%$  et le taux de rémunération de l’épargne est nul ;
- (2) le point de vue « public » ou des bailleurs de fonds (négligeant souvent la préférence pour le présent des gestionnaires) qui, certes est assez caricatural, mais qui permet d’opposer les résultats obtenus d’un point de vue comptable ( $a = 0\%$ ) à ceux qui sont obtenus d’un point de vue économique (1) ;
- (3) le point de vue Asa, dans l’hypothèse d’un accès aux placements libéralisé, ce qui permet de mieux comprendre le frein que cette interdiction de placement représente pour les gestionnaires ; on retient alors dans ce cas, un taux nominal de rémunération de l’épargne de  $3,5\%$ .

Les trois points de vue sont présentés pour diverses durées d’emprunt dans le tableau II où «  $T_p' = T_a^*$  » est la date optimale de début d’amortissement et «  $D - T_a^*$  » la durée optimale d’amortissement.

Tableau II. Dates et durées optimales d’amortissement selon différents scénarios.

		N=5	N=10	N=15	N=20
(1) Point de vue Asa ( $a = 3\%$ , $s = 0\%$ )	$T_p' = T_a^*$	14,4	14	13,5	13,2
	$D - T_a^*$	0,6	1	1,5	1,8
(2) Point de vue public ( $a = 0\%$ , $s = 0\%$ )	$T_p' = T_a^*$	7,4	1,5	0	0
	$D - T_a^*$	7,6	13,5	19,1	24,3
(3) Point de vue Asa avec placements ( $a = 3\%$ , $s = 3,5\%$ )	$T_p' = T_a^*$	12,4	10,4	8,6	6,9
	$D - T_a^*$	2,6	4,6	6,4	8,1

L’interprétation des résultats n’est effectuée que pour une durée d’emprunt de 15 ans.

Il apparaît que le gestionnaire est indifférent à thésauriser un montant  $P$  durant 1,5 ans ou recourir à l’emprunt l’engageant sur 15 ans. Au-delà de 1,5 ans, la réduction d’annuités ne compense pas le

12. Sous réserve que ces stations aient été entretenues correctement.

montant de la provision effectuée en année zéro. Par exemple, si le gestionnaire prévoit de renouveler un équipement dans 15 ans, il est préférable que durant 13,5 ans il ne fasse rien, puis 1,5 an avant l'échéance, qu'il provisionne la somme dont il aura besoin pour financer son opération. S'il n'est pas en mesure de provisionner la totalité du capital dont il aura besoin, alors il contractera un emprunt sur 15 ans pour financer la différence.

Ces très faibles durées optimales d'amortissement du point de vue des Asa sont conformes aux politiques réelles de financement de court terme qui pouvaient à priori paraître irrationnelles notamment pour les acteurs du « point de vue public ». En effet, sans actualiser, la durée optimale d'amortissement passe de 1,5 à plus de 19 ans, c'est-à-dire que les Asa auraient déjà dû commencer à amortir si la date de renouvellement pressentie est de 15 ans. Cet écart constaté entre une vision comptable et une vision économique ou entre les pouvoirs publics et les gestionnaires pourrait être une des principales causes de l'incompréhension mutuelle constatée.

Un rapprochement des deux points de vue pourrait se faire en libéralisant l'accès aux placements financiers. En effet, avec un taux de rémunération de l'épargne de 3,5 %, la durée optimale d'amortissement passerait de 1,5 à 6,5 ans. Cette durée est d'autant plus sensible au taux d'épargne que l'on se situe dans des valeurs élevées de « s » (figure 5). Pour un taux permettant simplement de lutter contre l'inflation (1,5 %), la durée optimale passerait de 1,5 à 2 ans alors que lorsque l'on se rapproche de  $s = a + r + ar$ , la durée optimale tend vers l'infini et au-delà il est toujours préférable de thésauriser (cas de figure « g »).

Il faut se méfier des interprétations hâtives de certains résultats obtenus avec les modèles notamment des résultats du type « tout ou rien ». Même avec un taux d'épargne supérieur à 4,55 % (cas de figure « g »), il se peut que — sur la période restante avant le renouvellement ( $D = 15$  ans) — les dotations annuelles induites ne soient pas acceptables par les usagers.

Pour tenir compte de cette réalité, ce modèle déterministe d'arbitrage entre emprunt et autofinancement peut être transformé en programme d'optimisation sous contrainte.

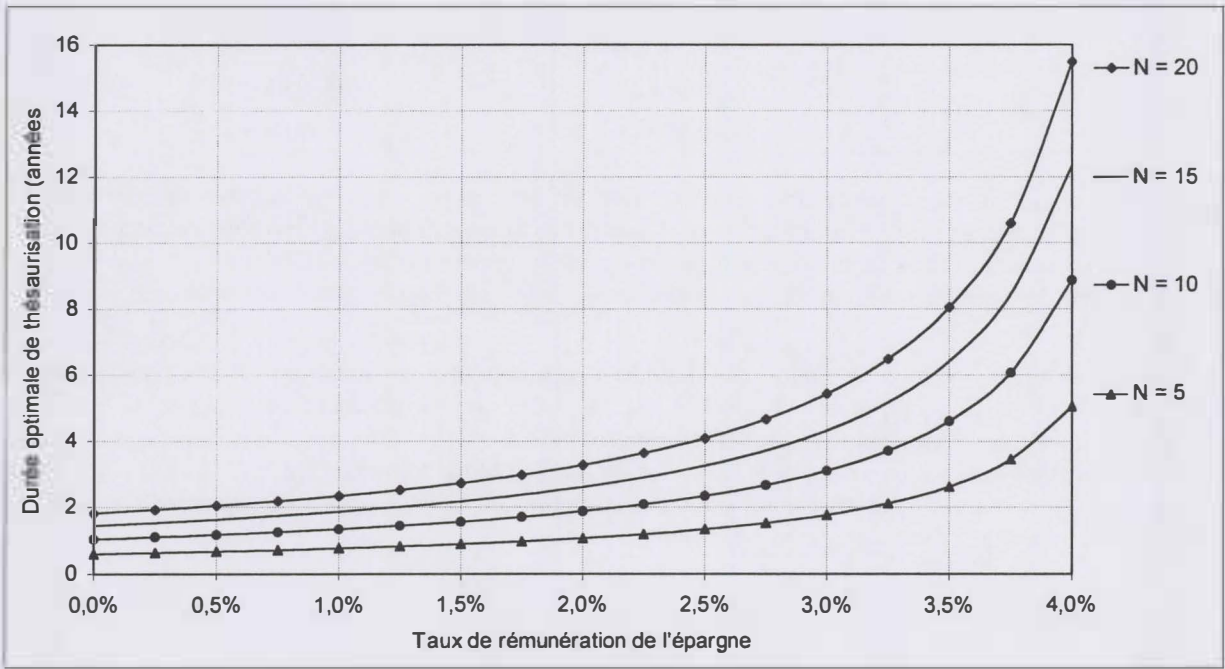


Figure 5. Durées optimales d'amortissement selon le taux d'épargne et la durée de l'emprunt.

## Contrainte d'acceptabilité et choix de politique d'amortissement

Le modèle déterministe précédent permet de déterminer la date  $T_a$  à partir de laquelle il est souhaitable de commencer à amortir régulièrement les équipements renouvelables. Cette date est obtenue indépendamment du montant provisionné  $P$  et de la valeur de l'investissement  $I$ . Or, les stratégies de financement du renouvellement des équipements fondées sur ces seules considérations risquent de ne pas être durables si les coûts qu'elles engendrent en termes d'annuités futures ou de montants annuels à provisionner ne sont pas acceptables par les usagers (le gestionnaire, contraint à l'équilibre budgétaire, répercutera les variations budgétaires de l'année en cours sur la tarification de l'année suivante).

On introduit alors un seuil d'acceptabilité «  $\alpha$  », exprimé en pourcentage de  $I$ , et qui permet de transformer le modèle précédent en programme de minimisation du coût de la politique d'amortissement sous contraintes de respect de la contrainte d'acceptabilité des adhérents :

$$\text{Min(CPA)} = \text{Min} \left[ \sum_{i=T_a}^D \text{CPP}_i \right] = \text{Min} \left[ \sum_{i=T_a}^D \left( \frac{P_i}{(1+a)^i} + \frac{XYI}{(1+a)^D} - \frac{XYP_i(1+s)^{D-i}}{(1+a)^D(1+r)^{D-i}} \right) \right]$$

Les contraintes sont les suivantes :

$$0 \leq \frac{KX}{(1+r)} \text{ et } P_i \leq \alpha \cdot I ; \quad 0 \leq T_a \leq D ; \quad 0 \leq K \leq I ; \quad 1 \leq N \leq 20 \quad \text{et} \quad T, N, D \in \mathbb{N}.$$

Ce qui est recherché c'est la date à partir de laquelle le gestionnaire commencera sa politique d'amortissement ( $T_a$ ), le montant de chaque provision réalisée en année «  $i$  » ( $P_i$ ) et la durée de l'emprunt ( $N$ ) pour lesquels le coût total actuel de la politique de financement est minimal (CPF). Quatre cas sont testés selon le degré de contrainte budgétaire du gestionnaire ( $\alpha$  faible ou fort) et la possibilité de placer ou non les dotations aux amortissements ( $s = 0$  ou  $3,5$  %). Les résultats (tableau III) sont obtenus avec les valeurs suivantes :  $I = 100$ ,  $a = 3$  %,  $i = 5,5$  %,  $r = 1,5$  % et  $D = 15$  ans.

Tableau III. Stratégies de financement selon le degré de contrainte et le taux d'épargne.

	$s = 0$ %	$s = 3,5$ %
$\alpha = 4$ %	CPF = 78 $T_a = 1$ et $N = 20$	CPF = 68 $T_a = 2$ et $N = 14$
$\alpha = 15$ %	CPF = 66 $T_a = 14$ et $N = 6$	CPF = 65 $T_a = 12$ et $N = 3$

Le surcoût engendré par l'interdiction de placement est de 1 % pour les Asa faiblement contraintes et 14,5 % pour les Asa très fortement contraintes. Dans le cas actuel où persiste l'interdiction de placement, le coût total de la politique de financement pour les Asa fortement contraintes est supérieur de 18,7 % à celui des Asa faiblement contraintes. En cas de libéralisation de l'accès aux placements, ce surcoût ne serait plus que de 3,5 %.

On note que les Asa fortement contraintes devraient commencer à provisionner 14 ans ( $D - T_a$ ) avant le renouvellement de leurs équipements pour satisfaire toutes les contraintes. Or, aucune d'entre elles n'anticipe les renouvellements si tôt et les stratégies qu'elles adoptent, même si elles sont optimales, ne sont pas durables sans soutien public. A l'inverse, les Asa faiblement contraintes, c'est-à-dire celles qui, à priori, valorisent mieux l'eau, en optant pour des stratégies de court terme ne compromettent pas pour autant la durabilité économique de leur système.

## Conclusion

Compte tenu des contraintes qui s'imposent aux gestionnaires, les politiques de financement de court terme qu'ils adoptent sont optimales de leur point de vue mais irrationnelles du point de vue des bailleurs de fonds. Cette irrationalité peut s'expliquer par deux éléments. Le raisonnement des bailleurs de fonds est peut-être mené en sous-évaluant la préférence des gestionnaires pour le présent. L'autre point est davantage d'ordre sémantique, rationalité impliquant pour les uns « optimal » et pour les autres « durabilité ».



Or nous avons montré que les politiques de court terme, si elles sont optimales, ne sont pas pour autant durables pour les Asa fortement contraintes. Une politique de désengagement total s'appuyant sur un traitement égalitaire des Asa serait équitable selon le principe de l'équivalence, mais conduirait à une iniquité de traitement si l'on se réfère à la capacité contributive des gestionnaires. Les Asa les plus contraintes (généralement celles qui ont une faible valorisation économique de la ressource) pourraient à terme disparaître. Toutefois, ces disparitions permettraient d'atteindre simultanément un autre objectif de politiques publiques : une meilleure efficacité d'allocation de la ressource.

Du simple point de vue de la durabilité économique de ces réseaux, il apparaît très clairement que l'interdiction de placement est un frein à la pratique de l'amortissement. La levée de cette interdiction permettrait d'accroître la durée optimale d'amortissement tout en réduisant significativement le coût des politiques de financements surtout pour les Asa fortement contraintes.

Cependant, compte tenu de l'incertitude quant à la date de renouvellement des équipements et de l'irréversibilité du choix de politiques d'amortissement, la levée de l'interdiction précédente ne garantit pas une modification des stratégies de financement actuelles. Pour tenir compte de cette incertitude, on doit transformer le modèle déterministe précédent en un modèle stochastique où la durée de vie restante des équipements suivrait une loi de probabilité.

L'analyse des associations d'usagers « à la française », montre que la mise en place d'Amp est une condition nécessaire mais non suffisante pour assurer une autonomie financière durable. La réussite des programmes de désengagement des pouvoirs publics en hydraulique agricole, comme dans la plupart des domaines, est liée au cadre réglementaire (interdiction de placement) et aux caractéristiques macroéconomiques du pays concerné (différentiels de taux d'intérêt, d'épargne, d'inflation et d'actualisation). Or, comme on vient de le voir, dans certains cas, même avec un cadre réglementaire adapté (accès aux placements libéralisé), aucune stratégie de financement durable n'est possible individuellement.

Il serait alors intéressant de tester des stratégies collectives de financement ou de mutualisation du renouvellement qui permettraient, en accélérant la fréquence des investissements, d'éviter à la fois l'érosion monétaire et le paiement des intérêts des emprunts.

## Bibliographie

ARROW J., 1995. Effet de serre et actualisation. *Revue de l'énergie*, 6 p.

BREWER J.D., SAKTHIVADIVEL R., 1999. Maintenance management process. *Irrigation and Drainage System*, 3 (3) : 207-227.

BURTON M.A., HALL R.P., 1999. Asset management for irrigation system. *Irrigation and Drainage System*, 3 (2) : 145-163.

Conseil d'Etat, 1995. Arrêt Tatin. 12 juillet 1995.

DINAR A., SUBRAMANIAN, 1997. Water pricing experiences: a international perspective. *World Bank Technical Paper*, (386), p. 1-12.

FAO, 1996. *World Food Summit Fact Sheets*. Fao, Rome.

FNDAE, 1994. Le financement du renouvellement des réseaux d'adduction d'eau potable. *Documentation technique Fndae* (15), 41 p.

GARIN P., LOUBIER S., GLEYES G., PLATON J.P., LUNET DE LAJONQUIERE Y., 2000. Les associations syndicales autorisées : bilan d'étude sur leur fonctionnement et leur stratégies de maintenance. Montpellier, France, Cemagref, Ur Irrigation, Rapports 2001-01, Série Irrigation, Rapports, 57 p.

GARIN P., PLATON J.P., 1998. La maintenance des réseaux d'irrigation gérés par des associations syndicales autorisées en France. Montpellier, France, cemagref Ur Irrigation, 26 p.

GLEYES G., 1998. La tarification de l'eau dans les réseaux collectifs d'irrigation en France. Montpellier, France, Cemagref Ur Irrigation, 11 p.

- GLEYESSES G., 2000. Evaluation des surfaces irriguées en France: Analyse selon l'origine de la ressource et le mode de distribution. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation, WP 2000 - 07, 16 p.
- GLEYESSES, G., LOUBIER S., 2000: Les coûts de mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation: Méthode de calcul et étude de cas. Montpellier, France, Cemagref Ur Irrigation - Agence de l'eau RMC, Série Irrigation, Rapports et Etudes 2000-07, 268 p.
- JANIN J.L., 1992. Irrigation et drainage en France. Agreste - Cahiers (10): 43-48.
- JANIN J.L., 1996. L'irrigation en France depuis 1988. La Houille Blanche (8) : 27-34.
- JANIN J.L., 1997. L'irrigation toujours en hausse. Agreste Les cahiers (26) : 3-7.
- JO, 1941. Loi du 14 septembre 1941 - article 3 et 8 portant sur la règle de non rémunération des fonds libres. Journal officiel de la République Française.
- LEFEVRE M., 1996. Guide juridique des associations syndicales. Chambre d'agriculture des Bouches du Rhône, 66 p.
- LOUBIER S., 1998. Pour une gestion durable d'un périmètre irrigué: le choix d'une politique de maintenance et de renouvellement des équipements des réseaux d'irrigation sous pression gérés par des associations syndicales autorisées. Montpellier, Mémoire de Dea EDAAR, Université de Montpellier I - Ensa M - Cemagref Ur Irrigation, 104 p.
- MALANO H.M., NGUYEN V.C., TURRAL H.N., 1999. Asset management for irrigation and drainage system. Irrigation and Drainage System, 3 (2) : 109-129.
- MOORHOUSE I., 1999. Asset management of irrigation infrastructure. Irrigation and Drainage System, 3 (2) : 165-187.
- PLANTEY J., 1998. Principes développés en France pour la gestion durable des systèmes hydro-agricoles: Conférence afro-asiatique de la CIID, Séminaire sur l'asset management, 15 p.
- PLANTEY J., 1999. Sustainable management principles of French hydro-agricultural schemes. Irrigation and Drainage System, 3 (2) : 189-205.
- PLANTEY J., BLANC J., 1998. Management d'un organisme gestionnaire de périmètre irrigué. In Traité d'irrigation, TIERCELIN J.R., Paris, France, Lavoisier Tec&Doc, p. 813-862.
- VAN HOFWEGEN P.J.M., 1999. Asset management programmes for financial planning and management in irrigation and drainage. Irrigation and Drainage System, 3 (2) : 131-143.
- VAN HOFWEGEN P.J.M., MALANO H.M., 1997. Hydraulic infrastructure under decentralised and privatised irrigation system management. DVWK Bulletin (20) Deregulation, decentralisation and privatisation in irrigation, p. 188-216.
- VERDIER J., MILLO J.L., 1992. Maintenance des périmètres irrigués. Ministère de la coopération et du développement, Collection Techniques rurales en Afrique, 323 p.
- WAGGONER P.E., 1994. How much land can ten billion spare for nature? Council for Agricultural Science and Technology. New York, USA, The Rockefeller University.

520566

# Le coût de la distribution de l'eau Méthode et application à l'irrigation

Guy GLEYES\*, Sébastien LOUBIER\*, Jean-Philippe TERREAUX\*

\*Cemagref-Irrigation, 361 rue Jean-François Breton, BP 5095 Montpellier, Cedex 1, France

**Résumé** — Cet article présente une méthode de calcul du coût de mobilisation de l'eau pour l'irrigation, appelé coût financier. Ce travail est motivé par la recherche d'une meilleure gestion des crédits privés et publics alloués à l'irrigation, et par la nécessité de pouvoir comparer objectivement les coûts de différents systèmes ou méthodes d'irrigation. Le coût financier se décompose en trois parties d'importance variable selon les réseaux d'irrigation : coût du capital, coût d'exploitation et coût de maintenance. On utilise pour cela les méthodes d'actualisation, et l'on indique comment on peut comparer simplement entre eux des investissements de durées de vie différentes. A titre d'illustration, cette méthode est appliquée à plusieurs réseaux d'irrigation, pour lesquels on détaille la structure de coût. Il est noté qu'aucune généralité ne peut être déduite de la comparaison de ces quelques exemples chiffrés.

**Abstract** — **The cost of water resource distribution – method and application to irrigation.** We present in this paper a calculation method of the cost of water resource mobilization for the irrigation sector. This cost is so-called the "financial" cost. This work is justified in the research of a best management of private and public financing allocated to irrigation and the necessity of comparing objectively the costs of various systems or methods of irrigation. The "financial" cost splits up into three various parts according to the irrigation networks, i.e. the capital cost, the operating cost and the maintenance cost. We use for that discounting methods and we show how we can simply compare investments of various lives. To illustrate this method, we apply it to several networks for which we relate in detail the cost structure. However no generalities can be deduced from the comparison of these numerical examples.

## Introduction

Suite aux grands programmes d'irrigation soutenus par les gouvernements et devant faire baisser les prix agricoles, la superficie mondiale irrigable a triplé en quarante ans (Dinar et Subramanian, 1997).

Aujourd'hui, compte tenu du coût d'opportunité élevé des fonds publics, on assiste à travers le monde au souhait des gouvernements et de certains bailleurs de fonds d'un désengagement progressif du financement des ouvrages d'hydraulique agricole qui, par le passé, ont souvent été traités comme des biens publics, donc financés par des fonds publics. L'objectif annoncé de certains bailleurs de fonds, tels que la Banque mondiale, par exemple est clairement de tendre vers des systèmes tarifaires faisant supporter aux usagers le coût financier de mobilisation de la ressource, évalué aux coûts d'opportunité (World Bank, 1993) ; (Castillo, 1997).

En France, l'enjeu est autant d'ordre financier que le résultat de la pression croissante des autres usagers de la ressource. En effet, bien que la superficie irriguée ne représente en 1995 qu'environ 20 % de la Sau



(soit 1,62 million d'hectares'), elle a cru entre 1988 et 1995 de 41 % soit un rythme annuel de 5 % (Janin, 1996) ; (Janin, 1997). Dans un contexte où le coût d'opportunité des fonds publics est élevé, la croissance des surfaces irriguées s'accompagne d'une augmentation des conflits d'usages. Une des explications économique en est l'inexistence ou la sous-évaluation du prix, qui théoriquement est le meilleur indicateur de rareté d'une ressource. Mais il n'existe pas actuellement de réels marchés de l'eau susceptibles de révéler les prix, qui théoriquement devraient être au moins égaux aux coûts de mobilisation de la ressource.

On peut avancer deux explications à l'absence de calcul du coût financier de mobilisation de la ressource. L'étude des plans de financement montre que par le passé, les divers bailleurs de fonds finançaient la quasi-totalité des investissements, la part restante étant prise en charge par le gestionnaire ou l'utilisateur. Cela justifiait en partie que le coût en capital (investissement initial et renouvellement des équipements) soit traité indépendamment des coûts d'exploitation et de maintenance des réseaux (Perry, 1996), alors qu'ils peuvent représenter de 55 à 85 % du coût financier (Castillo, 1997). Cette indépendance de traitement et la multiplicité des acteurs prenant part au financement, contribue à créer un écart entre le coût réel de mobilisation et le prix payé par l'utilisateur.

Une autre explication réside dans les diverses variabilités des coûts (Loubier, 1998). La typologie des coûts admise en économie de l'irrigation consiste à distinguer le coût en capital, le coût de la maintenance et le coût d'exploitation. Or, l'évolution temporelle de ces trois composantes est très différente. Les investissements sont rares mais coûteux, les dépenses de maintenance sont régulièrement croissantes sur la durée de vie des équipements et les coûts d'exploitation sont relativement stables. La seconde variabilité est relative au niveau de production : certains coûts sont fixes, d'autres variables. Cela se traduit dans le cas des réseaux d'irrigation par des rendements d'échelle croissants. En effet, seule une partie du coût d'exploitation (dépenses en énergie) et de maintenance est proportionnelle aux quantités produites. Enfin, la dernière variabilité est spatiale. Les réseaux les plus proches de la ressource bénéficient d'une rente différentielle de mobilisation et de distribution.

Seuls certains auteurs ont tenté de conceptualiser les pratiques de gestion pour évaluer l'effort financier réalisé par rapport à des objectifs de renouvellement des équipements et d'autonomie financière (Verdier et Millo, 1992) ; (Weider et Heritier, 1995) ; (Tardieu, 1999). Ils distinguent trois degrés d'équilibre budgétaire correspondant à la prise en compte successive des coûts différés ou apparemment invisibles.

Le petit équilibre correspond à la prise en compte des dépenses d'exploitation et de maintenance uniquement. Le moyen équilibre correspond à la prise en compte des coûts d'exploitation, de maintenance et le remboursement en capital du premier investissement ou bien l'amortissement technique de cet investissement. Pour obtenir le grand équilibre, il suffit alors d'intégrer les charges financières dues au premier investissement<sup>2</sup>.

La méthode que nous avons développée permet d'évaluer le « coût financier » de mobilisation d'une ressource (prélèvement, transport, stockage et distribution à la borne). Le coût financier étant la somme des coûts d'exploitation, de maintenance et d'acquisition des équipements<sup>3</sup> (Gormand, 1986). Précisons que « *le coût d'acquisition, outre le montant de l'acquisition elle-même ... prend en compte les frais financiers et éventuellement l'immobilisation du capital ou le non rendement des capitaux utilisés* (Bouche et al., 1988) ».

Avant de présenter la formulation générale de la méthode, on définira tout d'abord la sphère d'analyse pour laquelle ce coût sera calculé. Ensuite, l'analyse d'une partie des résultats, obtenus lors de l'application de la méthode à cinq études de cas, portera plus particulièrement sur la structure des coûts, la part supportée par chaque agent et sur la sensibilité des résultats obtenus aux principaux paramètres du modèle : le taux d'actualisation et les durées de vie des équipements. On conclura sur les avantages mais également les limites de cette méthode.

---

1 Dont 40% est irrigué dans le cadre de réseaux collectifs.

2 Les auteurs n'indiquent pas si le remboursement en capital ou l'amortissement technique est calculé sur la base de la totalité des équipements ou bien seulement sur la partie que les gestionnaires ont financé. Si la base de calcul est la totalité des investissements, alors le coût obtenu devrait être proche de celui que nous calculons.

3 Si l'on ne tient pas compte des coûts de fin de vie.



# La méthode de calcul du coût financier

Les explications historiques et techniques de l'absence de calcul du coût financier de mobilisation de la ressource sont surmontables.

Dans la littérature, il y a fréquemment confusion entre dépenses, prix, valeur, coût financier ou complet. Le coût complet correspond au prix d'un équipement que l'on observerait sur un hypothétique marché. Le coût financier n'est qu'un intermédiaire de calcul du coût complet dans les situations d'imperfection des marchés qui génèrent des externalités (figure 1). L'objectif final est la détermination du coût complet. Mais la détermination du coût financier est un objectif intermédiaire qu'imparfaitement atteint compte tenu de certaines difficultés de calcul : variabilité des coûts et des durées de vie, multiplicité des acteurs générant des coûts invisibles ou différés (subventions et coûts d'opportunité).

La méthode proposée permet de résoudre le problème précédent et d'agréger les composantes du coût exprimées dans une unité commune. Nous pouvons alors étudier sa structure et les agents qui le supportent. Le coût ainsi déterminé pourra être comparé avec prudence<sup>4</sup> aux dépenses effectivement supportées à un moment donné par les usagers.

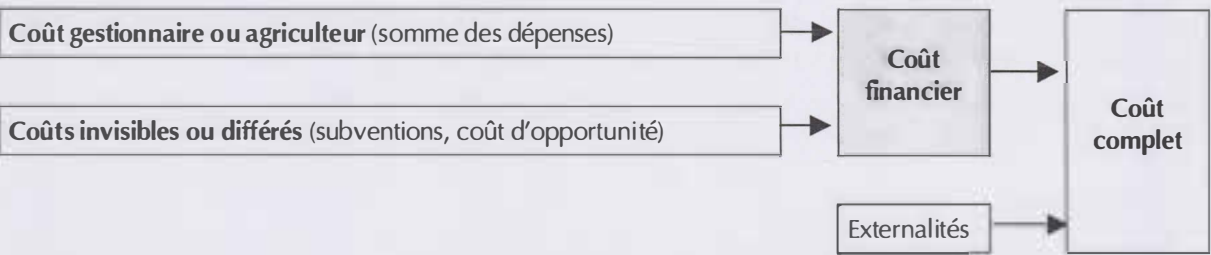


Figure 1. Définition du coût financier.

## La sphère d'analyse

Dans les analyses de projets, les coûts et avantages retirés d'un projet sont étudiés par rapport aux agents directement concernés par le projet et, aussi, par rapport à la collectivité. Les auteurs parlent d'analyses financières pour les premières et d'analyses économiques pour les secondes. La méthode proposée permet de mener les deux types d'analyses simultanément. La collectivité regroupe l'ensemble du pays (Gittinger, 1985). Dès lors que le projet est marginal dans l'économie du pays, la collectivité peut désigner un groupe d'acteurs directement concernés par le projet. Appliquée à la mobilisation de la ressource en eau, la collectivité regroupe les gestionnaires et les bailleurs de fonds. En France, ces derniers sont l'Etat, les conseils régionaux, les conseils généraux, les communes et les agences de l'eau, ils seront regroupés sous le terme puissance publique. Schématiquement, la collectivité est donc composée de la puissance publique et du ou des gestionnaires.

En règle générale, dans les analyses économiques, seuls les prélèvements directs sur les ressources par des agents faisant partie de la collectivité ainsi définie, sont pris en compte (Squire et Van-der-tak, 1975). Les dépenses ou recettes privées qui n'apportent pas de changements au revenu global des agents de la sphère d'analyse ne sont pas introduites dans le calcul. Il en est de même pour certains transferts financiers entre les membres de la sphère d'analyse, comme les impôts, taxes ou subventions.

## Les hypothèses et les données nécessaires

Quatre types de données sont nécessaires à l'application de la méthode de calcul. Il est tout d'abord indispensable d'estimer la valeur des équipements, leur durée de vie, l'évolution des dépenses de maintenance et le taux d'actualisation.

4. En effet, nous déterminerons un coût moyen théorique qui peut être supérieur ou inférieur aux dépenses constatées. Ces différences venant essentiellement de la variation des annuités d'emprunt et de l'évolution des coûts de maintenance.

Estimation de la valeur des équipements

Il y a deux façons d'estimer la valeur des équipements.

Le plus simple est d'utiliser les plans d'investissements passés. Comme les prix varient au cours du temps, il est indispensable de calculer le coût financier en référence aux prix d'une année donnée. Que les ouvrages soient réalisés sur une courte période ou sur plusieurs années, les dépenses engagées sont exprimées en prix nominaux, elles doivent donc être converties pour éliminer les variations inhérentes aux inflations et déflations, en utilisant l'indice des prix des biens intermédiaires composant les équipements.

Lorsque les plans d'investissement passés ne sont pas disponibles, la dépense d'investissement est estimée sur la base d'un devis de reconstruction du réseau à l'identique à partir des caractéristiques techniques de celui-ci. Si le coût financier doit être calculé sur les prix d'une année différente de celle du devis, il faudra convertir le montant du devis pour le ramener au niveau des prix de l'année de référence choisie.

L'actualisation et le choix d'un taux

Les techniques comptables d'amortissement ne tiennent pas compte ni de la préférence pour le présent des acteurs ni du coût d'opportunité du capital. Aussi, on utilise la technique de l'amortissement économique qui repose sur le principe de l'actualisation<sup>5</sup> (Terreaux et al., 2001).

Pour les études de cas, on retiendra 3 % comme valeur du taux d'actualisation (Arrow, 1995) ; (Terreaux, 1997).

Les durées de vie

Le choix de la durée de vie des équipements<sup>6</sup> conditionne l'estimation du coût annuel. Lorsque l'on souhaite opérer des comparaisons entre réseaux, il est absolument nécessaire de retenir des hypothèses de durées de vie identiques non seulement pour tous les équipements semblables mais également pour les réseaux eux-mêmes.

L'évolution des dépenses de maintenance

Le coût de la maintenance<sup>7</sup> préventive et corrective comprend les dépenses engagées pour payer les consommations intermédiaires et les outils du gestionnaire consacrés à la maintenance, la rémunération du travail et des entreprises prestataires de services.

Les coûts de maintenance étant croissants sur la durée de vie, on suppose qu'ils suivent une évolution exponentielle, ils sont donc calculés sur la base de la valeur actuelle des investissements initiaux. La littérature sur les réseaux d'irrigation fournit une fourchette du coût de la maintenance (tableau I). On considère que la borne inférieure «  $f_i$  » correspond au niveau théorique de dépense en début de vie de l'équipement et «  $f_f$  » à la dépense en fin de vie.

Tableau I. Coûts de maintenance préventive par type d'équipement (Tiercelin, 1998).

Type d'équipement	Coût annuel d'entretien (en % de l'investissement actualisé : $f_i$ à $f_f$ )
Pistes, digues et terrassement	1 à 2
Génie civil, canalisations et gros appareillage	0,3 à 1
Petit appareillage	1,5 à 5

5. De même, dans les analyses économiques de projet, le principe est de prendre en compte les dépenses et les recettes au moment où elles interviennent, de les actualiser et de les sommer afin de comparer la Valeur actualisée nette de plusieurs projets (Squire et Van-der-tak, 1975).

6. très variables en hydraulique agricole.

7. La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans l'état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. L'objectif étant la pérennité du fonctionnement normal (norme Afnor Nf x 60-010).

Pour connaître l'évolution théorique exacte des dépenses de maintenance pour chaque équipement, on cherche le taux de croissance « *b* » tel que les dépenses soient égales à « *f<sub>i</sub>* » en début de vie et à « *f<sub>T</sub>* » la dernière année d'utilisation de l'équipement.

On suppose la forme fonctionnelle suivante avec « *V* » la valeur de l'équipement et « *T* » sa durée de vie. La dépense théorique de maintenance en année « *t* » est :

$$M_t = Vf_i(1 + b)^t$$

et compte tenu des contraintes précédentes, on a :

$$b = \left(\frac{f_T}{f_i}\right)^{\frac{1}{T-1}} - 1$$

### Formulation générale

La figure 2 présente le phasage de la méthode de calcul du coût financier. Connaissant l'ensemble des acteurs de la sphère d'analyse, on identifie et on exprime en francs courants le montant des investissements qu'ils consentent à financer puis, on calcule les coûts d'exploitation, de maintenance et du capital que l'on agrège pour obtenir le coût financier.

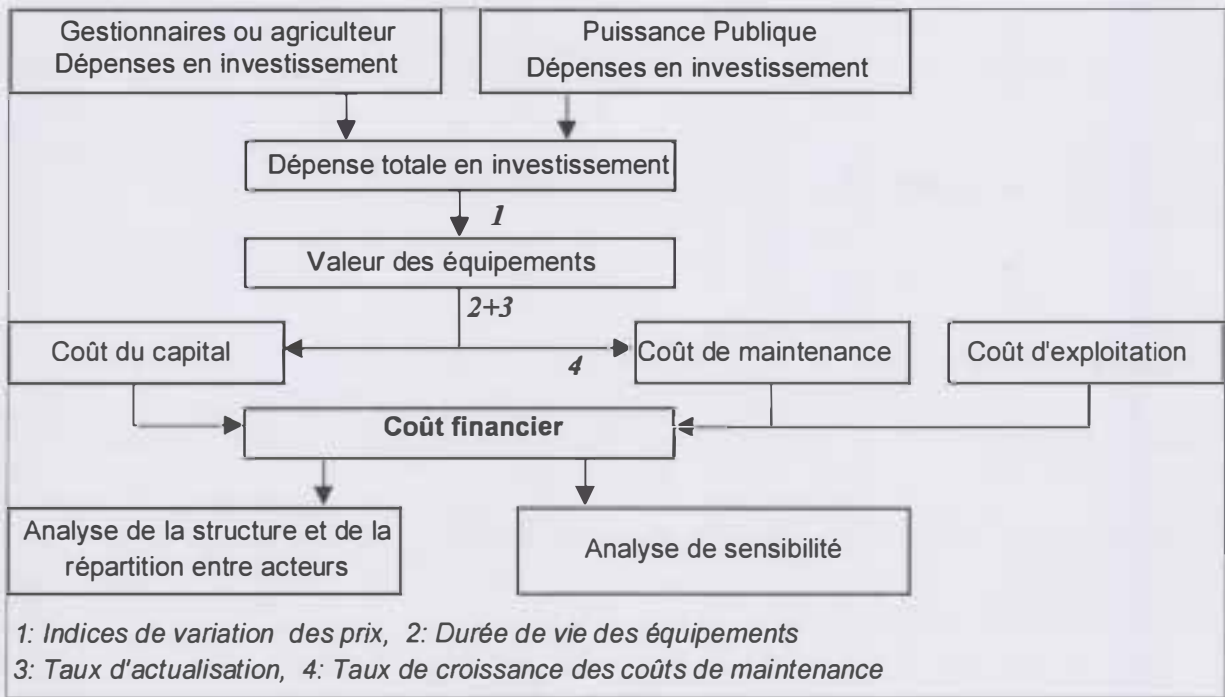


Figure 2. Démarche de calcul du coût financier.

### Le coût du capital

#### Cas d'un seul bien

Un capital  $V_0$  est investi à l'instant  $t_0$  pour un bien durable dont la durée de vie est de *T* années. Le coût d'usage de ce capital pendant une période est la somme :

- de la charge financière, elle représente le bénéfice qui aurait pu être retiré d'un emploi alternatif du capital investi ; ce bénéfice ou coût d'opportunité est calculé au taux d'actualisation (*a*) ;
- de la dépréciation du bien qui correspond à son usure physique au cours de la période.

Ce coût d'usage du capital sur une période  $t$  ( $K_t$ ), définie par deux dates  $(t-1)$  et  $t$ , peut être formulé de la façon suivante :

$$K_t = aV_{t-1} + V_{t-1} - V_t = V_{t-1}(1+a) - V_t$$

Avec :

$V_{t-1}$  : valeur du bien en début de période ;

le produit  $aV_{t-1}$  représente les charges financières ;

$V_{t-1} - V_t$  : représente la dépréciation du bien au cours de la période.

On démontre que  $V_0$  est égal à la somme actualisée des coûts d'usage du capital par périodes :

$$V_0 = \frac{V_0(1+a) - V_1}{1+a} + \dots + \frac{V_t(1+a) - V_{t+1}}{(1+a)^{t+1}} + \dots + \frac{V_{T-1}(1+a) - V_T}{(1+a)^T} = \sum_{t=1}^{t=T} \frac{V_{t-1}(1+a) - V_t}{(1+a)^t} \quad (1)$$

Le coût d'usage du capital ainsi défini, est aussi appelé amortissement économique ou valeur d'usage du capital.

Afin de calculer le coût moyen d'usage du capital par période, au lieu de coûts  $K_t = V_{t-1}(1+a) - V_t$ , quelconques, on introduit une somme constante  $C$  qui représente les charges financières et la dépréciation du bien pour des périodes de même durée.

La relation (1) s'écrit :

$$V_0 = C \sum_{t=1}^{t=T} \frac{1}{(1+a)^t}$$

On en déduit le coût moyen d'usage du capital  $C$  pour une année :

$$C = aV_0 \frac{(1+a)^T}{(1+a)^T - 1}$$

### Cas de plusieurs biens

Dès lors que l'on s'intéresse à un ensemble d'équipements aux durées de vie différentes, on ne peut pas faire la somme des simples coûts moyens pour obtenir le coût total moyen car pour une partie des biens, le coût serait compté en totalité alors que ces biens ne sont pas utilisés jusqu'à usure physique complète<sup>8</sup>. Il y a donc là une difficulté pratique de calcul qui est surmontée en considérant que les biens sont renouvelés à l'infini (Faustmann, 1849) ; (Terreux *et al.*, 2001).

Dans ce cas seulement, le coût annuel moyen de l'ensemble des équipements (CC) peut être obtenu par la sommation des coûts individuels :

$$CC = \sum_{e=1}^{e=\infty} C_e$$

### La prise en compte de la date de mise en service de l'équipement

Afin de tenir compte de la mise en service des équipements à des dates différentes (Persoz *et al.*, 1984), il suffit d'intégrer au calcul précédent le nombre d'année «  $t$  » séparant la date de mise en service du réseau et celle de l'équipement dont on recherche le coût. Le coût moyen annuel du capital pour la totalité des équipements est alors :

8. A défaut de pouvoir les revendre sur le marché de l'occasion.



$$CC = a \sum_{e=1}^E \frac{V_{0,e} (1+a)^{T_e - t_e}}{(1+a)^{T_e} - 1}$$

## Coût de maintenance<sup>9</sup>

Le coût de la maintenance dépend de la durée de vie de l'équipement. Là aussi, on se heurte à la même difficulté pratique de calcul rencontrée pour le coût du capital. La même procédure de calcul est donc adoptée.

$$CM = a \sum_{e=1}^E CM_e = a \sum_{e=1}^E V_e \cdot f_{le} \frac{\left[ (1+a)^{T_e} - (1+b_e)^{T_e} \right]}{(a-b)(1+a)^{t_e} \left[ (1+a)^{T_e} - 1 \right]}$$

## Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation se composent des coûts de gestion courante, d'énergie, de personnel et de quelques transferts. Les coûts de gestion courante sont assez facilement identifiables car ils donnent lieu à l'établissement de factures. Les coûts en énergie sont extrêmement variables d'un système de mobilisation à un autre, mais proportionnels aux volumes pompés<sup>10</sup>. Les coûts en personnel sont identifiables grâce à la masse salariale. Il est cependant nécessaire d'ôter à ce coût la part correspondant au personnel affecté à la maintenance. Si la masse salariale consacrée à la maintenance doit théoriquement croître dans le temps, il n'y a aucune raison que la part consacrée au personnel administratif et au personnel d'exploitation n'augmente. Les transferts concernent essentiellement les impôts et taxes (agence de l'eau et services fiscaux), les prestations de services entre divers gestionnaires (convention de restitution établie entre le gestionnaire d'une retenue et l'utilisateur gestionnaire du réseau d'irrigation) ; selon la sphère d'analyse considérée, ces transferts sont ou ne sont pas pris en compte.

De façon analogue au calcul des coûts précédents, le coût moyen d'exploitation (CE) sera égal au produit du taux d'actualisation par la somme actualisée des dépenses futures d'exploitation :

$$CE = a \sum_{t=0}^{+\infty} \frac{E_t}{(1+a)^t}$$

et si  $E_t$  est constant d'une année à l'autre alors  $CE = E$

## Applications

### Présentation des cas étudiés

La méthode de calcul du coût de mobilisation de la ressource en eau est appliquée à cinq situations de mobilisation de la ressource depuis son site naturel jusqu'à la parcelle à irriguer. Elles ont été choisies parmi les situations jugées fréquentes en France (Gleyses, 2000). Un cas de réseau d'irrigation a été étudié pour chaque situation :

- réseau individuel avec prélèvement dans la nappe (Beauce) ;
- réseau individuel avec prélèvement dans une rivière avec un étiage sévère (Drôme) ;
- réseau collectif avec prélèvement dans une rivière avec un étiage sévère (Drôme) ;
- réseau collectif avec prélèvement dans une rivière réalimentée (Arros) ;
- réseau collectif avec retenue collinaire (Est de la Sologne).

9. Pour plus de détails sur le mode de calcul du coût de maintenance voir (Loubier et Gleyses, 2000).

10. Cependant, la consommation électrique ne dépend pas seulement des caractéristiques précédentes mais également du degré d'usure des pompes et moteurs (c'est-à-dire de leur rendement) et de la surconsommation ou sous-consommation par rapport au contrat établi entre le gestionnaire et le fournisseur.

Pour chaque cas étudié, l'année de référence retenue est 1998, qui correspond à une année moyenne en termes de demande en eau. Cela nous permet d'introduire des coûts d'exploitation constants puisque la dépense en énergie qui est la seule composante variable du coût est strictement proportionnelle aux quantités pompées.

### Le coût financier collectif

Les coûts en réseaux collectifs sont très nettement supérieurs à ceux des réseaux individuels et, au sein du même type de prélèvement, le coût financier varie du simple au double (figure 3).

Les différences de coûts s'expliquent par les choix techniques faits à la création du réseau, par la qualité du service offert (pression, débit, utilisation des prises à la demande ou au tour d'eau), par la topographie des lieux et la topologie des parcelles à équiper.

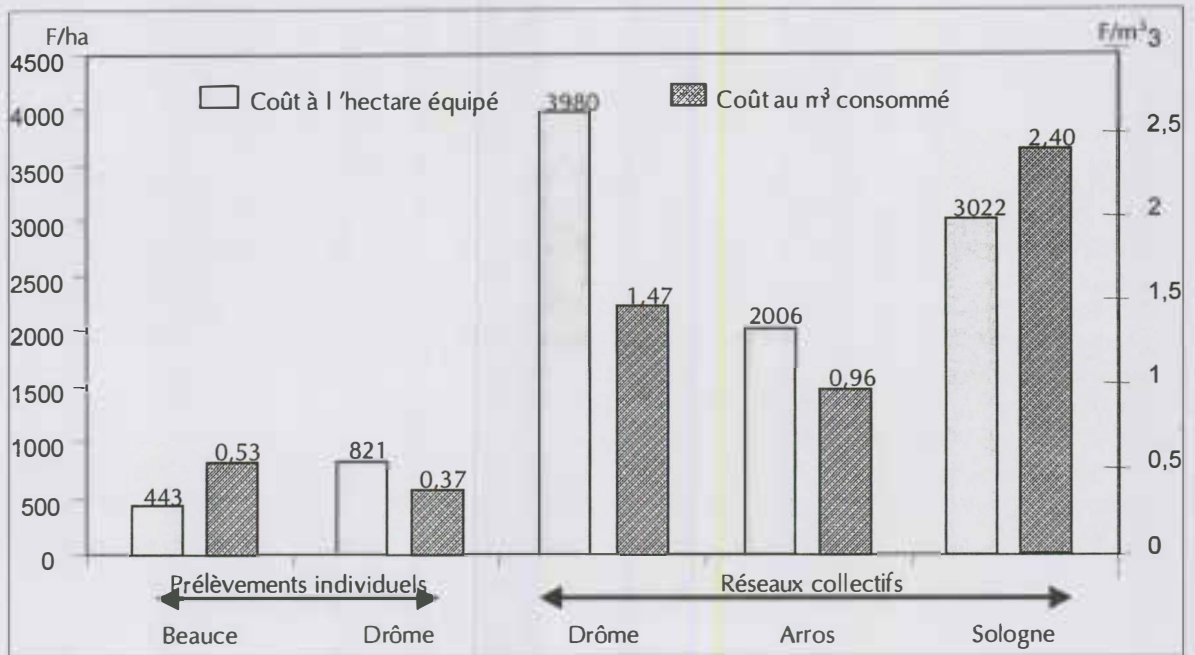


Figure 3. Coût financier.

Les deux réseaux pour lesquels il y a stockage d'eau (Sologne et Arros) n'ont pas le coût par hectare irrigué le plus élevé. La part du coût financier correspondant aux retenues est de 449 F/ha pour l'Arros et de 481 F/ha pour la retenue collinaire, soit respectivement 22 % et 16 % du total.

La hiérarchie des coûts au mètre cube est différente de celle des coûts par hectare irrigué. Les réseaux avec des consommations moyennes annuelles de plus de 2 000 m³/ha ont les coûts par mètre cube les plus faibles (individuel, Drôme ; collectifs de l'Arros et de la Drôme). C'est le réseau avec retenue de la Sologne qui a le coût au mètre cube le plus élevé car, comme pour le prélèvement individuel en Beauce, la consommation est faible : 1 200 m³/ha.

### Structure et répartition du coût financier

Le coût du capital est décomposé en coût d'opportunité du capital et en dépréciation physique des biens. Le capital représente de 50 à 72 % du coût financier (50 et 58 % pour les prélèvements individuels et de 64 à 72 % pour les prélèvements collectifs). Il est intéressant de noter la part importante que représente le coût d'opportunité dans le coût du capital : 35 et 41 % en prélèvement individuel et de 43 à 57 % en réseau collectif (figure 4). Ces différences sont dues aux durées de vie des équipements car, lorsque celles-ci augmentent, la part du coût d'opportunité suit la même évolution.

Par rapport au coût du capital, les coûts d'exploitation sont relativement peu variables d'une situation à l'autre, en particulier, ils sont voisins pour les trois réseaux collectifs. Les coûts d'exploitation sont fortement déterminés par les dépenses d'énergie qui représentent de 50 à 100 % des dépenses d'exploitation.

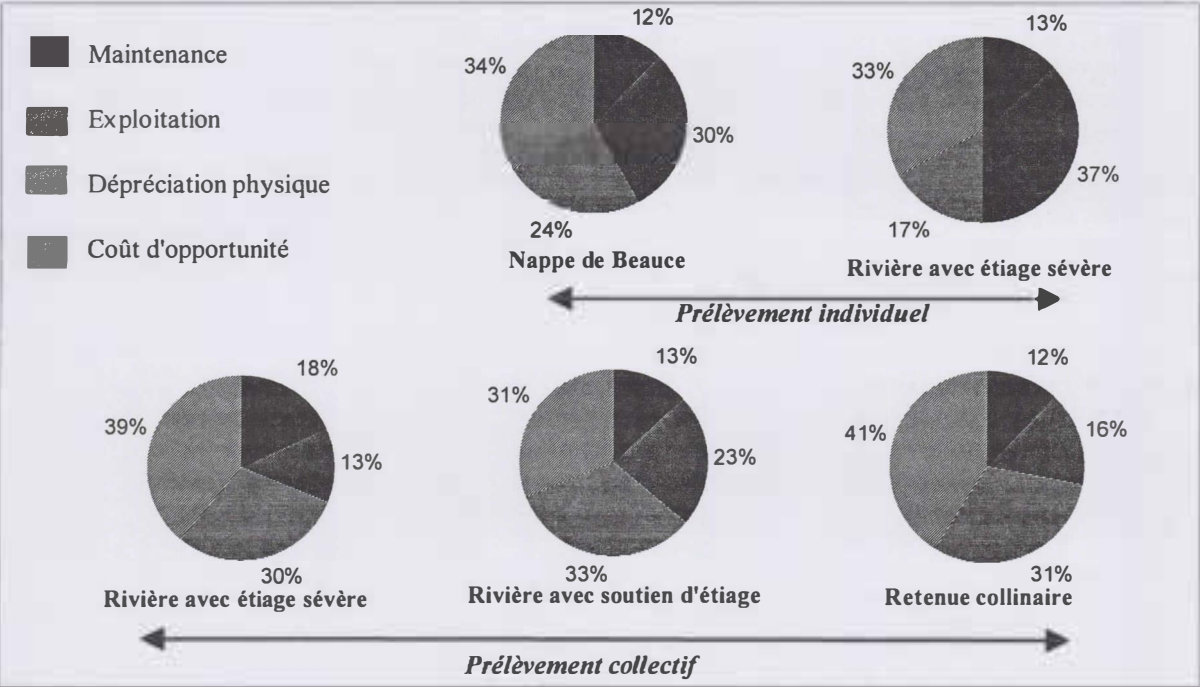


Figure 4. Structure du coût financier.

Les coûts de maintenance ont pratiquement la même valeur quelle que soit la situation, excepté pour le réseau collectif « Drôme », qui se singularise par des coûts de maintenance les plus élevés : 698 F/ha soit 18 % du coût financier. Cette situation est due, d'une part, à une dépense d'investissement à l'hectare qui est la plus élevée et, d'autre part, à un investissement proportionnellement plus important en station de pompage : 31 % de l'investissement total. Les stations sont les biens qui occasionnent les dépenses de maintenance les plus élevées par rapport à leur valeur d'achat. Dans les cinq situations étudiées, elles représentent une part du coût de maintenance plus que proportionnelle à leur part dans le coût du capital.

Dans les deux cas de prélèvement individuel, l'irrigant, supporte la totalité du coût financier. Seulement 2 % du coût est pris en charge par l'Agence de l'eau pour le cas « Beauce ».

La part du coût pris en charge par les gestionnaires de réseaux collectifs représente de 57 à 64 % du coût financier (57 % pour le réseau de la Drôme, 63 % pour celui de Sologne et 64 % pour le réseau de l'Arros). Elle comprend la totalité des coûts de maintenance et d'exploitation et une part plus ou moins grande du coût du capital, de 37 à 49 %.

La part du coût financier supportée par la puissance publique représente pour les réseaux collectifs de 36 à 43 % avec une répartition entre institutions très variable d'un cas à l'autre selon la date de création des réseaux et selon les choix de politiques publiques locales et nationales.

## Coût financier et prix payé par l'utilisateur

Le coût financier est issu du calcul économique présenté précédemment alors que le prix payé par l'utilisateur correspond à une année donnée (1998), et son mode de calcul est différent.

Le tableau II illustre les risques d'interprétations erronées qui peuvent résulter d'une comparaison hâtive entre le prix payé une année donnée et le coût financier. L'exemple des deux réseaux individuels est frappant de ce point de vue-là. Alors qu'ils n'ont bénéficié d'aucune subvention d'investissement, ils supportent 100 % du coût financier et n'ont payé en 1998 que 42 et 44 % du coût financier. Cela est tout simplement dû au fait que, d'une part, le remboursement des emprunts initiaux est terminé<sup>11</sup> et que d'autre part, le réseau est suffisamment jeune pour que les dépenses de maintenance soient inférieures à la part du coût financier théoriquement consacrée à la maintenance. Lorsque les réseaux collectifs sont en cours de remboursement d'emprunt pour la création des aménagements, le prix payé peut correspondre au coût financier. C'est le cas du jeune réseau de Sologne.

Les écarts constatés peuvent également venir du fait que cette méthode de calcul du coût financier ne permet pas de prendre en compte les choix des gestionnaires en termes de politique de maintenance. Or, certains gestionnaires, soucieux de réduire les dépenses totales actuelles, peuvent négliger la maintenance des équipements au risque de devoir les renouveler plus tôt (Tiercelin, 1998) ; (Plantey, 1999).

La comparaison entre prix payé et coût financier met en lumière l'influence déterminante de la position de l'équipement dans son cycle de vie.

**Tableau II.** Prix, âge du réseau et annuités d'emprunt.

Type de prélèvement	Individuel		Collectif		
Lieu	Beauce	Drôme	Drôme	Arros	Sologne
Prix payé en 1998 (en % du coût financier)	42	44	56	45	100
Age du réseau en 1998	13	15	18	26	12
Annuités en F de 1998	0	0	1 313	217	2 332

## Sensibilité du coût financier aux durées de vie et au taux d'actualisation

Quelles que soient les situations étudiées, les coûts du capital et de maintenance représentent une part importante du coût financier, de 63 à 87 %, or, ils dépendent tous deux des hypothèses retenues pour la durée de vie des équipements et le taux d'actualisation. On va donc successivement calculer puis analyser les coefficients d'élasticité du coût financier aux durées de vie d'une part et au taux d'actualisation d'autre part.

### Elasticité du coût financier à la durée de vie des équipements

Pour les cinq situations étudiées :

- le coefficient d'élasticité est négatif et inférieur à 1, il s'ensuit que lorsque la durée de vie augmente, le coût financier diminue moins que proportionnellement aux variations de durées de vie et inversement ;
- en valeur absolue, le coefficient d'élasticité diminue lorsque la durée de vie des équipements augmente ;
- dans la plage de variation de la durée de vie de - 20 % à + 20 %, le coefficient d'élasticité en valeur absolue est compris entre 0,20 et 0,44 selon la durée de vie et la situation considérée.

Cependant le coefficient d'élasticité du coût financier, en valeur absolue, est plus ou moins élevé selon les situations. Cette variabilité s'explique par des différences sur la structure de durée de vie des équipements et sur l'importance relative des coûts du capital, de maintenance et d'exploitation dans le coût financier.

11. Ou bien qu'ils n'ont pas eu recours à l'emprunt pour financer leurs investissements initiaux.



Une réduction de la durée de vie de tous les biens d'équipement de 20 % se traduit par une augmentation du coût financier de 6 à 10 %. Une augmentation de la durée de vie des mêmes biens de 20 % se traduit par une réduction du coût de 4 à 6 %.

### **Elasticité du coût financier au taux d'actualisation**

Dans les études de choix d'investissements, les planificateurs retiennent des taux qui, en fonction de la conjoncture, peuvent atteindre 10 %. De tels taux ont un effet très sélectif.

On a testé la sensibilité du modèle de calcul en faisant varier le taux d'actualisation de 2 à 7 % par an. Les résultats des simulations montrent que dans tous les cas, le coût financier augmente avec le taux d'actualisation et que les réseaux collectifs sont plus sensibles au taux d'actualisation que les cas de prélèvement individuel.

Le coefficient d'élasticité du coût financier au taux d'actualisation est :

- positif et inférieur à 1, le coût financier varie comme le taux d'actualisation mais moins que proportionnellement. Il varie de 0,19 à 0,63 selon les situations et la valeur du taux ;
- en valeur absolue, le coefficient d'élasticité augmente avec le taux d'actualisation, la sensibilité du coût financier au taux d'actualisation est d'autant plus forte que le taux d'actualisation est élevé.

Le coefficient d'élasticité est variable selon les situations, il est plus élevé pour les réseaux collectifs que pour les prélèvements individuels. Ces différences de sensibilité au taux d'actualisation sont dues à la durée de vie des équipements, les réseaux collectifs ont la plus faible proportion de biens d'équipement avec une durée de vie inférieure à 30 ans en particulier c'est le réseau de l'Arros qui a l'élasticité du coût au taux d'actualisation la plus forte et la plus faible proportion de biens d'équipement à durée de vie courte. Lorsque le taux d'actualisation double, de 3 à 6 %, le coût financier augmente de 19 à 40 % selon les situations.

De façon générale, le coût financier est peu sensible à la durée de vie des biens, il est plus sensible au taux d'actualisation même si le coefficient d'élasticité par rapport à ce taux reste inférieur à 1. Aussi, pour des biens de durée de vie très longue, 75 ans et au-delà, il vaudra mieux être attentif au choix du taux d'actualisation, qu'à celui de la durée de vie dont l'effet sur le coût est moindre.

## **Conclusion**

La méthode présentée permet de calculer le coût financier de mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation depuis son site naturel jusqu'au lieu de livraison à l'utilisateur. Les composantes du coût (coût d'opportunité du capital, dépréciation physique, maintenance et exploitation) et la répartition du coût entre les différents agents de la sphère d'analyse sont également évalués. L'avantage de la méthode est la possibilité de comparer différents modes de mobilisation d'un point de vue économique.

Cette méthode a été appliquée à différentes situations de prélèvement rencontrées en France : deux cas en prélèvement individuel et trois cas en réseau collectif.

Le coût financier est différent d'un cas à l'autre. La qualité du service (pression et débit à la borne), le dénivelé et la distance des parcelles à la ressource expliquent pour une bonne part ces différences. Le coût financier est nettement plus faible en prélèvement individuel qu'en réseau collectif, principalement en raison d'une plus faible distance entre les parcelles et la ressource. Pour l'interprétation des résultats, le choix de l'unité dans laquelle est exprimé le coût financier (volume ou surface) est essentiel car la hiérarchie entre réseaux est modifiée.

Le coût en capital est la principale composante du coût financier : au moins 50 % en prélèvement individuel et des deux tiers au trois quarts du coût financier en réseau collectif ; et la part du coût d'opportunité est d'autant plus forte que les réseaux sont composés d'équipements à durées de vie longues.

La part du coût financier supportée par les organismes publics ayant financé une partie des aménagements, n'est importante que pour les réseaux collectifs étudiés. Selon les cas, elle se situe entre 36 et 43 % ; le coût restant est supporté par le gestionnaire des aménagements.

Si l'incertitude sur la durée de vie des biens a des effets relativement faibles sur le coût financier, par contre, le choix du taux d'actualisation a des effets beaucoup plus sensibles. Cette dernière sensibilité dépend de la structure du capital et de l'échelonnement des investissements réalisés. Elle augmente avec la proportion de biens à durée de vie longue et diminue lorsque les investissements sont réalisés progressivement. Dans les cinq cas étudiés, pour les plages de variation du taux d'actualisation et de durée de vie testées, la hiérarchie des coûts entre les différentes situations n'est pas modifiée.

La méthode est aisée à mettre en œuvre, dès lors que toutes les dépenses d'investissement et leur calendrier sont parfaitement connus ainsi que les dépenses d'exploitation.

Elle est relativement robuste car la hiérarchie des résultats (coûts et répartition des postes de coûts) en fonction des types de réseaux est peu sensible aux hypothèses sur la durée de vie des équipements et sur le taux d'actualisation.

Cependant, la méthode peut être améliorée avec la prise en compte des choix de politiques de maintenance des gestionnaires, des taux d'actualisation propres à chaque agent et des modifications des politiques publiques au cours du temps.

Cette méthode de calcul reste incomplète car elle ne tient pas compte des effets externes (coûts indirects marchands et coûts directs et indirects non marchands), mais dès lors que l'on dispose des données nécessaires, elle peut être généralisée à l'ensemble des coûts.

### Remerciements

Les auteurs remercient en particulier le comité inter-agences de l'eau qui a permis la réalisation de ce travail grâce à son aide financière.

## Bibliographie

ARROW J., 1995. Effet de serre et actualisation. *Revue de l'énergie*, octobre 1995 : 6 p.

BOUCHE M., PLAUCHU V., et al. 1988. A la recherche du coût financier. *Revue Achats et entretien*, (403) : 27-34.

CASTILLO A.M.D., 1997. Water pricing experiences: an international perspective - Capital cost recovery: an international experience in irrigation projects. *World Bank Technical Paper*, (386) : 149-153.

DINAR A., SUBRAMANIAN A., 1997. Water pricing experiences: a international perspective. *World Bank Technical Paper*, (386) : 1-12.

FAUSTMANN M., 1849. Calculation of the value which forest land and immature stands possess for forestry. Reprint in *Journal of Forestry Economics*, 1 (1) : 7-44.

GITTINGER J. P., 1985. Analyse économique des projets agricoles. Washington, Etats-Unis, Banque Mondiale: institut de développement économique, 547 p.

GLEYES G., 2000. Evaluation des surfaces irriguées en France: Analyse selon l'origine de la ressource et le mode de distribution. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 2000 - 07, 16 p.

GLEYES G., LOUBIER S., 2000. Les coûts de mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation: Méthode de calcul et étude de cas. Montpellier, France, Cemagref UR irrigation - Agence de l'eau RMC, 268 p.

GORMAND C., 1986. Le coût global. Paris, France, Afnor, 229 p.

JANIN J.L., 1996. L'irrigation en France depuis 1988. *La Houille Blanche*, (8) : 27-34.

JANIN J.L., 1997. L'irrigation toujours en hausse. *Agriste - Les cahiers*, (26) : 3-7.

LOUBIER S., 1998. Pour une gestion durable d'un périmètre irrigué: le choix d'une politique de maintenance et de renouvellement des équipements des réseaux d'irrigation sous pression gérés par des

associations syndicales autorisées. Mémoire de DEA, Université de Montpellier I - Ensam -Cemagref, France, 104 p.

LOUBIER S., GLEYES G., 2000. Méthode générale de calcul des coûts: spécificités pour une application à la mobilisation de la ressource en eau pour l'irrigation. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 2000 - 11 : 37 p.

PERRY C. J., 1996. Alternative approaches to cost sharing for water service to agriculture in Egypt. Colombo, Sri Lanka, International Irrigation Management Institute (IIMI),.15 p.

PERSOZ H., SANTUCCI G., LEMOINE J. C., SAPET P., 1984. Théorie économique de la planification des réseaux *In* La planification des réseaux électriques. Collection de la Direction des Etudes et Recherche d'Electricité de France. Paris, France, Eyrolles, p. 246-259.

PLANTEY J., 1999. Sustainable management principles of French hydro-agricultural schemes. Irrigation and Drainage System, 3 (2) : 189-205.

SQUIRE L., VAN-DER-TAK H. G., 1975. Analyse économique des projets. Paris, France, Economica, 159 p.

TARDIEU H., 1999. La valeur de l'eau en agriculture irriguée: une information économique nécessaire pour mieux réguler la gestion de l'eau et des productions agricoles dans un marché ouvert. Granada, Spain, 17th Congress of International Commission on Irrigation and Drainage, vol 1G : 19 p.

TERREAUX J.P., 1997. Choix d'investissement et détermination du taux d'actualisation. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 1997 - 01 : 18 p.

TERREAUX J.P., GLEYES G., LOUBIER S., 2001. Sur la détermination du coût de l'eau d'irrigation. Montpellier, France, Cemagref - Ur Irrigation WP 2001, à paraître.

PLANTEY J., BLANC J., (1998). Management d'un organisme gestionnaire de périmètre irrigué *In* Traité d'irrigation, TIERCELIN J. R. (ed). Paris, France, Tec&Doc, p. 813 - 862.

VERDIER J., MILLO J. L., 1992. Maintenance des périmètres irrigués. Paris, France, Ministère de la coopération et du développement, Collection Techniques rurales en Afrique, 323 p.

WEIDNER R., HERITIER M., 1995. La maintenance des réseaux d'irrigation. La Haye, pays-Bas. 15ème congrès de ICID : 15 p.

World Bank, 1993. Water ressource management: A policy paper. Washington, Etats-Unis, D.C.